

明 細 書

赤外線放射素子およびそれを用いたガスセンサ

技術分野

[0001] 本発明は、赤外線放射素子およびそれを用いたガスセンサに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、赤外放射源を利用した各種の分析装置（例えば、赤外線ガス分析計など）が提供されている。これらの分析装置で用いられている赤外放射源として代表的なものはハロゲンランプであるが、ハロゲンランプは大型で且つ寿命が比較的短いため、赤外線を利用してガスを検出する小型のガスセンサへの適用は難しい。

[0003] そこで、小型化が可能な赤外放射源としてマイクロマシンニング技術を利用して形成する赤外線放射素子が各所で研究開発されている（例えば、特開平9-153640号公報（段落番号[0027]、[0028]、図2参照）、特開2000-236110号公報（段落番号[0017]、[0018]、[0019]、図1、図2参照）、特開平10-294165号公報（段落番号[0014]、[0015]、図1参照））。

[0004] 前記特許文献には、マイクロマシンニング技術を用いてシリコン基板などから形成した矩形棒状の支持基板と、前記支持基板の一方の辺と他方の辺とを橋渡しする線状の発熱体とからなる所謂マイクロブリッジ構造の赤外線放射素子が記載されている。この種のマイクロブリッジ構造の赤外線放射素子は、線状の発熱体への通電に伴うジュール熱により発熱体から赤外線を放射させるものであり、発熱体の周囲が空気のため、発熱体と発熱体の周囲との熱容量差を大きくすることができ、発熱体へ流す電流のオンオフに高速で応答できる。

[0005] しかしながら、上述のマイクロブリッジ構造の赤外線放射素子では、発熱体が線状で両端部が支持基板に支持されているだけのため、発熱体が破損しやすく、また、熱によって溶断する恐れがあった。

発明の開示

[0006] 本発明は前記の問題点を解決するために為されたものであって、従来に比べて長寿命化が可能な赤外線放射素子およびそれを用いたガスセンサを提供することを目

的とする。

- [0007] 本発明にかかる赤外線放射素子は、半導体基板と、前記半導体基板の一表面上に形成され前記半導体基板より小さい熱伝導率を有する多孔質断熱層と、前記断熱層上に形成され、前記断熱層よりも大きい熱伝導率および導電率を有し、通電により赤外線を放射する発熱層とを含む。
- [0008] 従って、この赤外線放射素子は、通電により赤外線を放射する発熱層が面状に形成されると共に多孔質断熱層上に支持されているので、赤外線の放射量を増加させることができ、長寿命化が可能である。
- [0009] 好ましくは、前記半導体基板はシリコン基板であり、前記断熱層および前記発熱層はそれぞれ多孔質シリコン層からなり、前記発熱層の多孔度は前記断熱層の多孔度よりも小さい。前記発熱層の多孔度は2%〜45%で、前記断熱層の多孔度は40%以上80%で且つ前記発熱層の多孔度よりも10%以上大きいのが好ましい。
- [0010] さらに好ましくは、前記発熱層は、前記シリコン基板よりも導電率が高く且つ抵抗温度係数が正となるように不純物がドーピングされている。
- [0011] 前記発熱層は、導電性が付与された炭素層や、不純物のドーピングにより導電性が付与されたアモルファスシリコン層でもよい。アモルファスシリコン層の場合、前記断熱層側よりも表面側の方がドーピング濃度が高いのが好ましい。
- [0012] また、発熱層の表面に多数の凹凸が形成されているのも好ましい。
- [0013] また、発熱層の表面に外部へ放射する赤外線の波長域を制限する多層膜が積層されているのも好ましい。
- [0014] また、前記半導体基板の他表面に、前記発熱層から前記半導体基板側へ放射された赤外線を前記発熱層側へ反射する反射膜が積層されているのも好ましい。
- [0015] 前記半導体基板の他表面側に、前記半導体基板よりも熱伝導率の小さな熱絶縁体部材が設けられているのも好ましい。
- [0016] また、前記発熱層は、前記断熱層よりも小さい導電率を有する絶縁層を介して、前記断熱層上に形成されるのも好ましい。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の実施形態に係る赤外線放射素子の概略断面図である。

[図2]同上の赤外線放射素子が放射する赤外線を説明するための図である。

[図3]同上の赤外線放射素子の駆動回路の一例を示す回路図である。

[図4A]同上の発熱層の好ましい形状の拡大断面図である。

[図4B]同上の発熱層の好ましい形状の拡大断面図である。

[図5A]同上の発熱層の好ましい形状を説明するための図である。

[図5B]同上の発熱層の好ましい形状を説明するための図である。

[図6]同上の好ましい実施形態にかかる赤外線放射素子の概略断面図である。

[図7]同上の好ましい実施形態にかかる赤外線放射素子の概略断面図である。

[図8]同上の好ましい実施形態にかかる赤外線放射素子の概略断面図である。

[図9]同上の好ましい実施形態にかかる赤外線放射素子の概略断面図である。

[図10]本発明の赤外線放射素子を用いたガスセンサの基本構成図である。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 以下、本実施形態の赤外線放射素子Aについて図1を参照しながら説明する。

[0019] 本実施形態の赤外線放射素子Aは、発熱層3への通電により発熱層3を発熱させることで発熱層3から赤外線が放射される赤外線放射素子であって、半導体基板1の厚み方向の一表面(図1における上面)側に半導体基板1よりも熱伝導率が十分に小さくて多孔質からなる断熱層2が形成され、断熱層2よりも熱伝導率および導電率それぞれが大きな層状の発熱層3が断熱層2上に形成され、発熱層3上に通電用の一对のパッド(電極)4が形成されている。半導体基板1の平面形状は矩形状であって、断熱層2および発熱層3の平面形状も矩形状である。パッド4は、金属材料(例えば、金など)により形成され、発熱層3の両端部それぞれの上に発熱層3と接する形で形成されている。

[0020] 断熱層2および発熱層3は、互いに多孔度の異なる多孔質シリコン層により構成されており、発熱層3は断熱層2よりも多孔度の小さな多孔質シリコン層によって構成されている。好ましくは、発熱層3は多孔度が2%~45%の多孔質シリコン層(以下、第1の多孔質シリコン層と称す)であり、断熱層2は多孔度が45%~80%で且つ発熱層3の多孔度よりも多孔度が10%以上大きい多孔質シリコン層(以下、第2の多孔質シリコン層と称す)である。特に好ましくは、発熱層3の多孔度は約40%であり、断熱

層2の多孔度は約70%である。一般に、多孔質シリコン層は、多孔度が高くなるにつれて熱伝導率および熱容量が小さくなる。例えば、熱伝導率が $168[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$ 、熱容量が $1.67\times 10^6[\text{J}/(\text{m}^3\cdot\text{K})]$ の単結晶のシリコン基板(すなわち、多孔度0%)を陽極酸化して形成される多孔度が60%の多孔質シリコン層は、熱伝導率が $1[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$ 、熱容量が $0.7\times 10^6[\text{J}/(\text{m}^3\cdot\text{K})]$ である。従って、発熱層3の多孔度は断熱層2の多孔度よりも小さいため、発熱層3の熱伝導率および熱容量は、断熱層2よりも大きくなる。なお、多孔質シリコン層が発熱層として機能するか、断熱層として機能するかは、多孔質シリコン層の絶対的な多孔度によって決まるのではなく、発熱層と断熱層との多孔度の差が重要なのである。

[0021] 断熱層2および発熱層3は、半導体基板1として単結晶のシリコン基板を用い、半導体基板1の一部をフッ化水素水溶液中で陽極酸化することにより形成される。断熱層2および発熱層3は、陽極酸化処理の条件(例えば、電流密度および処理時間)を適宜変化させることにより、連続的に形成することができる。

[0022] 赤外線放射素子Aの大きさは、例えば、断熱層2および発熱層3の形成前の半導体基板1の厚さ: $625\mu\text{m}$ 、断熱層2の厚さ: $50\mu\text{m}$ 、発熱層3の厚さ: $1\mu\text{m}$ 、パッド4の厚さ: $0.1\mu\text{m}$ である。断熱層2の厚さは $50\mu\text{m}$ 以上、発熱層3の厚さは $3\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。

[0023] 以上のように構成された赤外線放射素子Aは、発熱体としての発熱層3が従来のように線状ではなく面状(層状)のため、赤外線の放射量を増加させることができ、単位面積当たりの発熱量を抑えることで長寿命化を図ることができる。また、発熱層3が全面にわたって断熱層2に支持されているため、従来のように線状の発熱体が両端で支持されている構造と比較して、発熱層3が破損しにくく長寿命化を図ることができる。さらに、発熱層3が多孔度の高い断熱層2で支持されているので、発熱層3が空気に近い状態で支持され、その結果、発熱層3と周囲との熱容量の差が大きくなり熱応答性も良い。

[0024] ところで、赤外線放射素子Aにおいて、発熱体3から放射される赤外線のピーク波長は、発熱層3の温度に依存して決まり、ピーク波長を $\lambda[\mu\text{m}]$ 、発熱層3の絶対温度を $T[\text{K}]$ とすれば、ピーク波長 λ は、以下の式1で示される。

$$\lambda = 2898 / T \quad \cdots (式1)$$

すなわち、本実施形態においては、発熱層3としての第1の多孔質シリコン層が疑似黒体を構成しており、発熱層3の絶対温度と発熱層3から放射される赤外線のパーク波長は、ウィーンの変位則を満たす。例えば、第1の多孔質シリコン層の各微細孔の深さを各微細孔の内径の3倍以上の値に設定することにより、発熱体3を黒体放射と同じように赤外線を放射する疑似黒体とみなすことができる。従って、外部電源からパッド4間に印加する電圧を調整し発熱層3の絶対温度Tを変化させる(つまり、発熱層3が発生するジュール熱を変化させる)ことで、図2に示すように発熱層3から放射される赤外線のパーク波長 λ を変化させることができる。例えば、一対のパッド4間に300V程度の電圧を印加すると、パーク波長 λ が $3\mu\text{m}$ 〜 $4\mu\text{m}$ 程度の赤外線を放射することができる。

- [0025] なお、発熱層3への入力電力を ϕ [W]、発熱層3の放射率を ϵ 、発熱層3の熱伝導度を β [W/K]とすれば、室温(300[K])において発熱体3へ入力電力を与えた場合の発熱層3の温度上昇値 ΔT [K]は、以下の式2で表される。

$$\Delta T = 2 \phi \epsilon / \beta \quad \cdots (式2)$$

例えば、発熱層3の絶対温度Tが700[K]のとき発熱層3から放射される赤外線のパーク波長 λ は式1より略 $4\mu\text{m}$ となり、発熱層3の絶対温度Tを700[K]よりも高くするにつれてパーク波長 λ は、図2から明らかなように、低波長側へシフトするとともに波長 $4\mu\text{m}$ の赤外線の放射エネルギーが高くなる。従って、例えば、

$$\Delta T = 2 \phi \epsilon / \beta \geq 400$$

$$\therefore \beta \leq \phi \epsilon / 200$$

となるように発熱層3を形成すれば、波長 $4\mu\text{m}$ の赤外線を比較的高い放射エネルギーで放射することができる。

- [0026] また、断熱層2の厚さを t [m]、断熱層2の熱伝導率を α [W/(m·K)]、発熱体3の熱容量を Q [J/(m³·K)]とすれば、発熱体3へ与える入力電圧に関して発熱体3が応答可能(発熱体3が追従して温度変化可能)な交流電圧の周波数を f [Hz]は、以下の式3で表される。

$$f = \alpha / (\pi Q t^2) \quad \cdots (式3)$$

従って、例えば、

$$f = \alpha / (\pi Q t^2) \geq 10$$

$$\therefore \alpha \geq 10 \pi Q t^2$$

の関係を満たすように断熱層2を形成すれば、周波数 f を10Hz以上とすることができ
る。

[0027] 図3に赤外線放射素子Aを駆動する駆動回路の一例を示す。この駆動回路は、電源部21の両端間にサイリスタThとインダクタLと抵抗R1と抵抗R2との直列回路が接続され、抵抗R2の両端間に赤外線放射素子Aが接続されている。電源部21は、直流電源と直流電源の両端間に接続されたコンデンサとで構成される。さらにこの駆動回路は制御部22を有し、制御部22は電源部21のコンデンサの両端電圧が所定のしきい値を超えるとサイリスタThのゲートへ制御信号を与える。前記制御部22からサイリスタThへ制御信号が与えられると、サイリスタThがターンオンし、赤外線放射素子Aのパッド4間に電圧が印加されて発熱層3が発熱し赤外線が放射される。制御部22の前記しきい値を適宜変更すれば、赤外線放射素子Aへの投入電圧の大きさを変動させることができ、赤外線放射素子Aから放射させる赤外線のピーク波長 λ を制御することができる。

[0028] 好ましい実施形態としては、発熱層3の導電率が半導体基板1よりも高く且つ抵抗温度係数が正となるように、発熱層3に不純物を高濃度にドーピングする。一般に、多孔質シリコン層は高抵抗で且つ抵抗温度係数が負となるので、多孔質シリコン層を発熱させるためには一対のパッド4間に高電圧を印加する必要がある。さらに、温度上昇とともに抵抗値が低くなって一対のパッド4間を流れる電流が急激に増加するので、温度制御性が悪化してしまう。そこで、発熱層3が半導体基板1よりも導電率が高く且つ抵抗温度係数が正となるように発熱層3に不純物を高濃度にドーピングすることで、発熱層3の温度が上昇するにつれて発熱層3の抵抗値が高くなって発熱層3へ流れる電流の電流値が減少し、発熱層3の温度制御が容易になる。具体的には、第1の多孔質シリコン層および第2の多孔質シリコン層を形成した後に、例えば、第1の多孔質シリコン層へイオン注入により不純物イオンを注入してアニールを行う。これにより、半導体基板1よりも導電率が高く且つ抵抗温度係数が正となるような金属と同

様の性質を有する低抵抗(高濃度ドーパ)の発熱層3が形成できる。第1の多孔質シリコン層および第2の多孔質シリコン層を形成する前に第1の多孔質シリコン層の形成予定部位に不純物イオンをイオン注入してアニールを行ってもよい。或いは、発熱層3の抵抗温度係数が負の場合、電源として定電流源を用い、パッド4間に一定電流を流すのも好ましい。この場合、発熱層3の温度上昇とともに発熱層3の抵抗値は低くなるが、パッド4間の電圧値も低下するので、温度制御性が向上する。

- [0029] また、発熱層3の表面に図4Aや図4Bに示すような多数の凹凸をエッチングなどで形成するのも好ましい。この場合、発熱層3の表面積が増大し、発熱層3からの赤外線放射量を増大させることができる。
- [0030] また、シリコン基板からなる半導体基板1の一部を陽極酸化して得られる各微細孔の深さがピーク波長 λ の $1/4$ となるように、赤外線放射素子を形成するのも好ましい。例えば、図5A、図5Bに示すように、陽極酸化直後で多孔質構造が露出していない(表面の多孔度が小さい)多孔質シリコン層3'の表面を、各微細孔の深さHが $\lambda/4$ となるように、KOHなどを含むアルカリ系溶液によりエッチングする。この場合、光学的波動効果により赤外線の放射量を増大させることができる。
- [0031] また、図6に示すように、発熱層3の表面に、外部へ放射する赤外線の波長域を制限する多層膜5を積層するのも好ましい。この場合、多層膜5は特定波長域の赤外線のみを透過させ、特定波長域以外の波長の赤外線が外部へ放射されるのを抑制することができる。
- [0032] また、図7に示すように、半導体基板1の下面に、発熱層3から半導体基板1側へ放射された赤外線を発熱層3側へ反射する多層膜からなる反射膜6を積層するのも好ましい。さらに好ましくは、半導体基板1に空洞部1bを形成する。空洞部1b内の媒質は空気となっている。この場合、図7中の矢印で示すように、発熱層3から半導体基板1側へ放射された赤外線を反射膜6により発熱層3側へ反射することができるので、発熱層3の表面側へ放射される赤外線の放射量を増大させることができる。なお、反射膜6は多層膜に限らず、例えば、赤外線を反射する金属膜でもよい。
- [0033] また、図8に示すように、半導体基板1の下面に、半導体基板1よりも熱伝導率の小さな熱絶縁体部材7を設け、熱絶縁体部材7をダイボンド用の接着材によりベース部

材8と固着するのも好ましい。赤外線放射素子Aを例えばキャンパッケージの金属製ベースやリードフレームなどのベース部材にダイボンディングした場合、断熱層2の厚さによっては、発熱層3で発生した熱の一部が断熱層2→半導体基板1→ベース部材の経路で放熱されてしまうことがある。このような放熱は発熱層3への通電時の応答速度の低下につながる恐れがある。そこで、熱絶縁体部材7を設けることで、半導体基板1の前記他表面からの放熱が抑制され、応答速度が向上する。熱絶縁体部材7は、例えば、絶縁性のガラス基板や、或いは半導体基板1の他表面側の一部を陽極酸化することにより形成した多孔質シリコン層(多孔質半導体層)で構成することができる。

- [0034] また、図9に示すように、発熱層3を、断熱層2よりも小さな導電率を有する絶縁層9を介して、断熱層2上に形成してもよい。絶縁層9を設けることで、発熱層3への通電時に半導体基板1を通るリーク電流をより一層抑制することができ、応答速度が速くなるとともに、低消費電力化を図れる。絶縁層9の材料としては、半導体基板1としてシリコン基板を用いている場合には、例えば、 SiO_2 や Si_3N_4 などを採用すればよい。
- [0035] 図10は、赤外線放射素子Aを赤外放射源として備えたガスセンサを示す。このガスセンサは、検知対象ガスが入れられたガス封入ケース13と、ガス封入ケース13内へ赤外線を放射する赤外線放射素子Aを備えた赤外放射源11と、ガス封入ケース13内を透過した赤外線を受光する受光素子12と、ガス封入ケース13内において対向するように配置され赤外放射源11からガス封入ケース13内へ放射された赤外線が受光素子12にて受光されるように赤外線を反射する2つの反射鏡14、15と、赤外放射源11の出力(放射量、放射時間など)を制御するとともに受光素子12の出力に基づいてガス濃度を演算する制御回路(図示せず)と、制御回路により求められたガス濃度を表示する表示手段(図示せず)とからなる。このガスセンサは、検知対象ガスの分子構造から決定する吸収波長の赤外線の吸光度を計測することにより、検知対象ガスの濃度を計測する。
- [0036] このガスセンサは、赤外放射源11として赤外線放射素子Aを備えるので、センサ全体の長寿命化を図ることができる。また、赤外線放射素子Aは応答性に優れているので、所定空間への放射量が所定量に到達するまでの時間が短くなり、受光素子12で

濃度に対応した正確な信号を出力できるようになる。制御回路に、発熱層3へ印加する電圧を変化させ発熱層3から放射される赤外線の変化する波長調整手段を設けておけば、多種類のガスの濃度を計測することが可能となる。

[0037] なお、上述の説明においては、発熱層3は多孔質シリコンを基に形成されていたが、発熱層3は、それに限定されるものではない。例えば、耐熱性および機械的強度の向上、低抵抗化の観点から、発熱層3を不純物のドーピングにより導電性が付与された炭素層により構成してもよい。炭素層としては、アモルファスカーボン、グラファイト、グラファイトライクカーボン、ダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンなどをはじめ、各種形態の炭素層が採用可能であり、特にグラファイトもしくはグラファイトライクカーボンを採用すればアモルファスカーボンやダイヤモンド、ダイヤモンドライクカーボンなどを採用する場合に比べて炭素層の抵抗を小さくすることができる。

[0038] 或いは、機械的強度の向上および低抵抗化の観点から、発熱層3を不純物のドーピングにより導電性が付与されたアモルファスシリコン層により構成してもよい。好ましくは、アモルファスシリコン層において断熱層2側よりも表面側の不純物のドーピング濃度を高くする。この場合、発熱層3を流れる電流は発熱層3の表面側で流れやすくなるので、アモルファスシリコン層が全体にわたって一様にドーピングされている場合に比べて、発熱層3の実効的な厚みが薄くなって応答性が向上する。なお、前記アモルファスシリコン層の代わりに、Si以外の半導体材料からなるアモルファス半導体層を採用してもよい。

[0039] なお、上述の半導体基板1として用いるシリコン基板の導電形はp形、n形のいずれでもよいが、p形のシリコン基板の方が陽極酸化により多孔質化を行った際に多孔度が大きくなりやすい傾向にあるので、半導体基板1としてはp形のシリコン基板を用いることが好ましい。半導体基板1の一部を陽極酸化する際の電流密度は半導体基板1の導電形および導電率に応じて適宜設定すればよい。

[0040] また、半導体基板1の材料はSiに限らず、例えば、Ge, SiC, GaP, GaAs, InPなどの陽極酸化処理による多孔質化が可能な他の半導体材料でもよい。

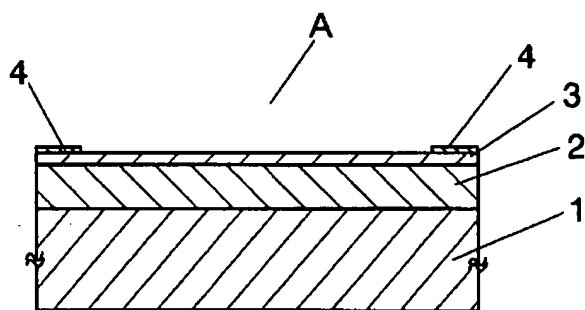
請求の範囲

- [1] 以下の構成を含む赤外線放射素子：
半導体基板；
前記半導体基板の一表面上に形成される多孔質断熱層、前記断熱層は前記半導体基板より小さい熱伝導率を有する；
前記断熱層上に形成され、通電により赤外線を放射する発熱層、前記発熱層は前記断熱層よりも大きい熱伝導率および導電率を有する。
- [2] 請求項1に記載の赤外線放射素子であって、
前記半導体基板はシリコン基板であり、前記断熱層および前記発熱層はそれぞれ多孔質シリコン層からなり、前記発熱層の多孔度は前記断熱層の多孔度よりも小さい。
- [3] 請求項2に記載の赤外線放射素子であって、
前記発熱層の多孔度は2%～45%で、前記断熱層の多孔度は40%～80%で且つ前記発熱層の多孔度よりも10%以上大きい。
- [4] 請求項2に記載の赤外線放射素子であって、
前記発熱層は、前記シリコン基板よりも導電率が高く且つ抵抗温度係数が正となるように不純物がドーピングされている。
- [5] 請求項1に記載の赤外線放射素子であって、
前記発熱層が、導電性が付与された炭素層からなる。
- [6] 請求項1に記載の赤外線放射素子であって、
前記発熱層が、不純物のドーピングにより導電性が付与されたアモルファスシリコン層からなる。
- [7] 請求項6に記載の赤外線放射素子であって、
前記アモルファスシリコン層は、前記断熱層側よりも表面側の方がドーピング濃度が高い。
- [8] 請求項1に記載の赤外線放射素子であって、
前記発熱層の表面に多数の凹凸が形成されている。
- [9] 請求項1に記載の赤外線放射素子であって、
前記発熱層の表面に外部へ放射する赤外線の波長域を制限する多層膜が積層さ

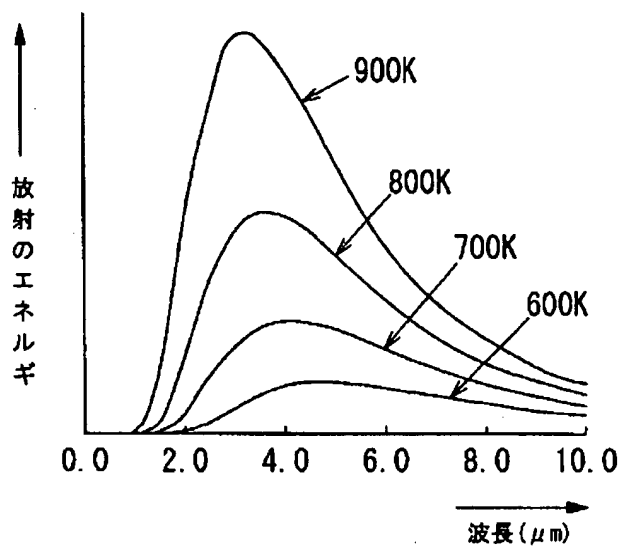
れている。

- [10] 請求項1に記載の赤外線放射素子であって、
前記半導体基板の他表面に、前記発熱層から前記半導体基板側へ放射された赤外線を前記発熱層側へ反射する反射膜が積層されている。
- [11] 請求項1に記載の赤外線放射素子であって、
前記半導体基板の他表面に、前記半導体基板よりも熱伝導率の小さな熱絶縁体部材が設けられている。
- [12] 請求項1に記載の赤外線放射素子であって、
前記発熱層は、前記断熱層よりも小さい導電率を有する絶縁層を介して、前記断熱層上に形成される。
- [13] 以下の構成を備えるガスセンサ：
赤外線を所定空間へ放射させる赤外放射源；
前記赤外線を受光する受光手段；
検知対象ガスの赤外線の吸収を利用して前記受光手段の出力から検知対象ガスの有無を判断する制御手段；
上記赤外線放射源として、請求項1に記載の赤外線放射素子を備える。

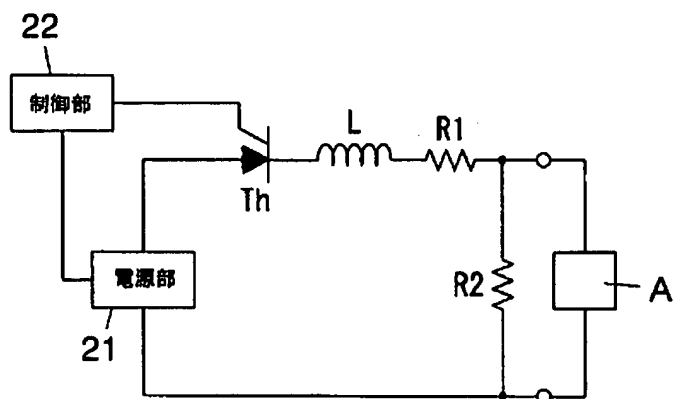
[図1]



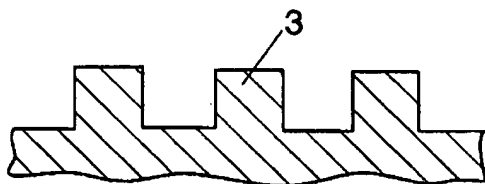
[図2]



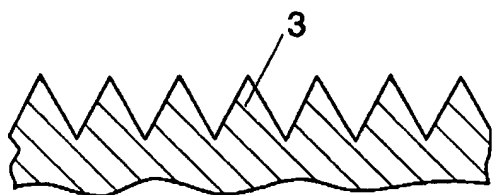
[図3]



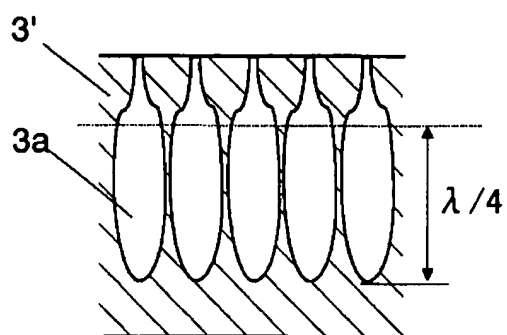
[図4A]



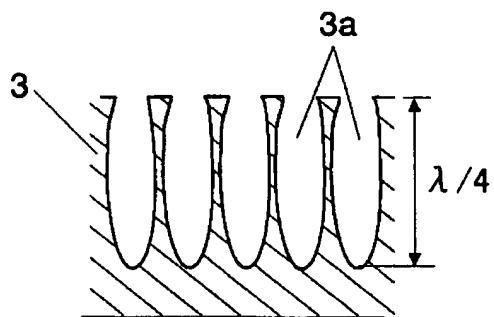
[図4B]



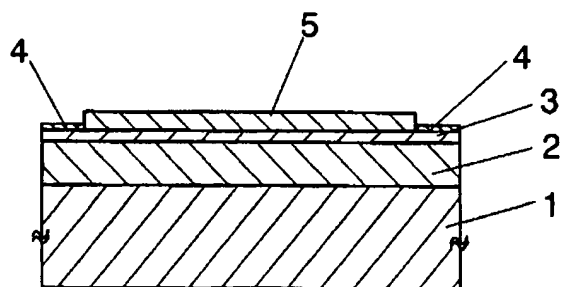
[図5A]



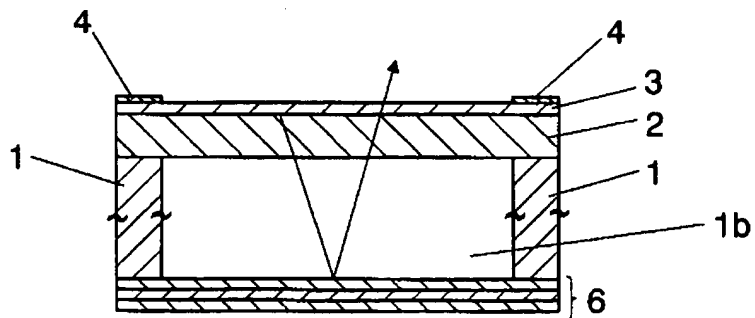
[図5B]



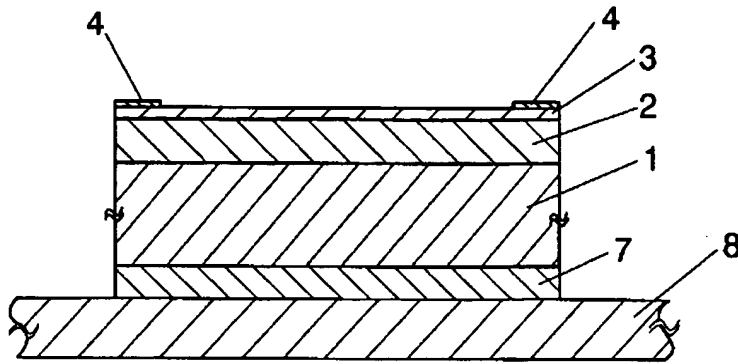
[図6]



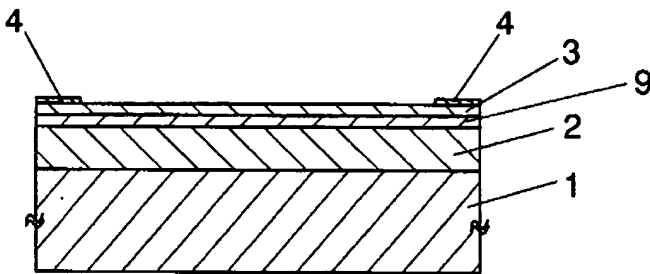
[図7]



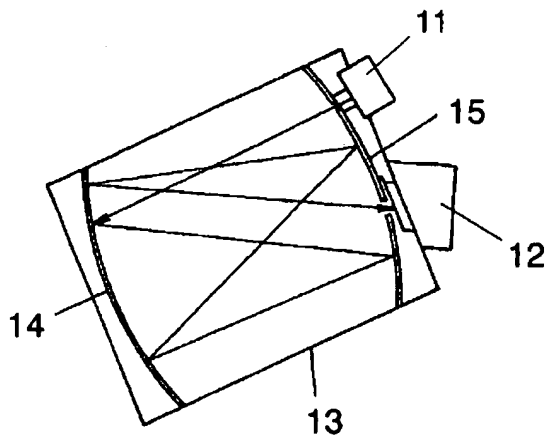
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/015914

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01K1/04, H05B3/10, G01N21/01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01K1/00-1/14, H05B3/00-3/82, G01N21/00-21/61

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-67740 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 09 March, 1999 (09.03.99), Par. Nos. [0023], [0024]; Fig. 3	1, 5
A	JP 11-274553 A (Anritsu Corp.), 08 October, 1999 (08.10.99), Full text; all drawings	1-13
A	WO 2003/019680 A1 (SANDIA CORP.), 06 March, 2003 (06.03.03), Full text; all drawings	1-13
A	JP 2003-218385 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 31 July, 2003 (31.07.03), Full text; all drawings	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 January, 2005 (25.01.05)

Date of mailing of the international search report
01 March, 2005 (01.03.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2004/015914

JP 11-67740 A	1999.03.09	(Family: none)
JP 11-274553 A	1999.10.08	(Family: none)
WO 2003/019680 A1	2003.03.06	EP 1423881 A1 JP 2005-501383 A US 2003/0132705 A1 US 6611085 B1
JP 2003-218385 A	2003.07.31	CN 1431720 A EP 1328024 A2 KR 2003061069 A US 2003/127655 A1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁷ H01K1/04, H05B3/10, G01N21/01			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁷ H01K1/00-1/14, H05B3/00-3/82, G01N21/00-21/61			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X	JP 11-67740 A (信越化学工業株式会社) 1999. 03. 09, 段落【0023】, 【0024】, 図3	1, 5	
A	JP 11-274553 A (アンリツ株式会社) 1999. 1 0. 08, 全文, 全図	1-13	
A	WO 2003/019680 A1 (SANDIA CORPO RATION) 2003. 03. 06, 全文, 全図	1-13	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 25. 01. 2005		国際調査報告の発送日 01.03.2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 河原 英雄	2G 8506
		電話番号 03-3581-1101 内線 3225	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2003-218385 A (三星電子株式会社) 200. 3. 07. 31, 全文, 全図	1-13

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号 PCT/JP2004/015914

JP 11-67740 A	1999. 03. 09	ファミリーなし
JP 11-274553 A	1999. 10. 08	ファミリーなし
WO 2003/019680 A1	2003. 03. 06	EP 1423881 A1 JP 2005-501383 A US 2003/0132705 A1 US 6611085 B1
JP 2003-218385 A	2003. 07. 31	CN 1431720 A EP 1328024 A2 KR 2003061069 A US 2003/127655 A1